

Pferdeklinik  
der Vetsuisse – Fakultät Universität Zürich  
Direktor: Prof. Dr. Jörg Auer

**PLIANCE MOBILE – 16HE: Eine Folgestudie über elektronische  
Satteldruckmessungen nach Anpassung der Sattelsituation**

INAUGURAL – DISSERTATION  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Vetsuisse – Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

**Sylvia Mönkemöller**

Tierärztin  
von Lüdenscheid, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

PD Dr. Brigitte von Rechenberg, Referentin  
Prof. Dr. Kuno von Plocki, Korreferent

Zürich 2005

PLIANCE MOBILE – 16HE: Eine Folgestudie über elektronische  
Satteldruckmessungen nach Anpassung der Sattelsituation

PLIANCE MOBILE – 16HE: A study about pressure measurements under the saddle  
after the adjustment of the saddle fit

Schlüsselwörter: Pferd, Sattel, elektronische Satteldruckmessungen, Sattelpassform,  
Rückenprobleme

Keywords: horse, saddle, electronic saddle measurement system, saddle fit, back problems

### **Autoren**

Sylvia Mönkemöller<sup>1</sup>  
Regula Keel<sup>2</sup>  
Dorina Hambsch<sup>2</sup>  
Jessika Müller<sup>2</sup>  
Axel Kalpen<sup>3</sup>  
Manfred Geuder<sup>3</sup>  
Jörg A. Auer<sup>2</sup>  
Brigitte von Rechenberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Haidhauser Str. 4, D – 81675 München

<sup>2</sup> Musculoskeletal Research Unit, Pferdeklunik, Veterinärmedizinische Fakultät ZH,  
Winterthurerstr. 260, CH – 8057 Zürich

<sup>3</sup> Novel GmbH, Ismaninger Str. 51, D – 81675 München

## ZUSAMMENFASSUNG

Seit 1999 werden von unserer Forschungsgruppe im Rahmen verschiedener Studien elektronische Satteldruckmessungen mit dem Plance Mobile – 16HE System der Firma Novel GmbH durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit sollte die Verwendbarkeit dieses Systems zur Überprüfung der Sattelpassformen von 25 Pferden getestet werden, indem die Untersuchungsergebnisse vor und nach den von uns als notwendig erachteten Sattelkorrekturen einem direkten Vergleich unterzogen wurden. Zu diesem Zweck wurden einerseits die Druckwerte, andererseits der jeweilige Schmerzzustand der Pferderücken mindestens 12 Wochen nach erfolgter Anpassung überprüft. Die Studie beruhte auf der Hypothese, dass schmerzhafte Areale in Zusammenhang mit der Verteilung der Druckwerte anhand von Satteldruckmessungen eruiert und durch eine entsprechende Anpassung der Sättel eliminiert werden könnten. Ursprungs- und Wiederholungsmessungen zeigten in der Gegenüberstellung deutliche Unterschiede hinsichtlich Grösse und Verteilung der gemessenen Druckwerte. Diese bestanden vor allem in einer Vergrösserung der Sattelauflagefläche und in einer Druckentlastung der in den meisten Fällen als schmerzhaft befundenen Muskelpartien im Bereich der hinteren Brustwirbelsäule. Die im Rahmen der klinischen Untersuchung gefundene Verbesserung der Rückensituation aller beteiligten Pferde konnte in Kombination mit den so veränderten Messwerten die aufgestellte These bestätigen.

## SUMMARY

Since 1999 our group has been publishing several studies about the use of electronic measurements under the saddle (electronic saddle mat system / Plance Mobile – 16HE by Novel GmbH). The present study was set up to check the saddles on 25 horses before and after adjustments were made by saddlers in a way that had been recommended by our group members.

For that purpose the data of the two series of measurements as well as the state of back pain were compared at least 12 weeks after the adjustment in saddle fit had taken place. The investigations were based on the hypothesis that painful areas of the equine back could be located in context with the distribution of the measured values and be eliminated through the proposed alterations in fit. The comparison of original and repeated measurement resulted in distinct differences in the height of pressure as well as its distribution. The most significant deviations concerning the pressure values were in the enlargement of the contact area and in the pressure relief of the highly sensitive region of the rear thoracic spine. In combination with the results of the clinical examination, a significant reduction of horses suffering from back pain was demonstrated. This led to the conclusion that the tested system could reliably uncover and therefore prevent back problems caused by ill-fitting saddles.

## EINLEITUNG

Seit 4 Jahren arbeitet unsere Forschungseinheit eng mit der Münchener Firma Novel GmbH zusammen, um Sinn und Zweck von elektronischen Druckmessungen unter dem Sattel zu erproben (*Werner et al. 2002*). Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wird auch die Entwicklung einer praxisnahen Anwendbarkeit vorangetrieben. Steigende Teilnehmerzahlen an unseren Studien aus allen Bereichen des Pferdesports und der Wunsch nach stärkerer Integration von Seiten der Sattelhersteller unterstreichen das wachsende Interesse an dieser noch relativ jungen Methode (*Blümcke 1994, Harman 1995 und 1997, Jeffcott et al. 1999, Le et al. 1984, Pullin et al. 1996, Werner et al. 2002*). *Harman (1994)* betonte, dass beim Verkauf von Sätteln in der Regel zu wenig auf eine individuelle, der Rückensituation entsprechende Anpassung geachtet wird und dass zudem viele Sattler nicht um die Konsequenzen wissen, welche die regelmäßige Nutzung eines schlecht passenden Sattels mit sich bringt. Den Untersuchungen von *Jeffcott et al. (1999)* und *Werner et al. (2002)* zufolge ist die Beurteilung eines Sattels am stehenden Pferd oft nicht ausreichend und sollte daher, besonders bei Pferden mit bestehenden Rückenproblemen, nur ein erster Schritt sein. Deren Auffassung nach kommt dem Auflageverhalten in der Bewegung grössere Bedeutung zu. Unseren Erfahrungen nach ist der ausgesessene Trab, der „Wahrheitstrab“, die zur Beurteilung der Passform best geeignetste Gangart. Hier zeigt sich wie konstant die Auflage und die Tendenz zum sogenannten „Wiggling“, das Abheben des Sattels vom Pferderücken, tatsächlich sind. *Werner et al. (2002)* fanden heraus, dass Varianzen in der Auflagefläche von über 30% oft mit Verspannungssymptomen in der Lendengegend einhergingen. Weitere Ergebnisse der Untersuchungen von *Werner et al. (2002)* besagten, dass Spitzendruckwerte (MPP), die im Widerristbereich über 35 kPa/cm<sup>2</sup> und im Bereich der Lende über 30 kPa/cm<sup>2</sup> lagen, mit Verspannungen in den jeweiligen Arealen der Muskulatur korrelierten. Legten die Autoren die durchschnittlichen Druckwerte (MVP) zugrunde, kam es ab Werten über 12 kPa/cm<sup>2</sup> zu derartigen Symptomen.

Neuesten Untersuchungen zufolge mussten die durchschnittlichen Druckwerte für den Bereich der Lende noch nach unten korrigiert werden (*Nyikos et al.*, zur Publikation

eingereicht/Pferdeheilkunde). Demnach geht die Autorin davon aus, dass die dauerhafte Überschreitung von bereits 10 –12Pa/cm<sup>2</sup>, abhängig von unterschiedlichen Variablen, wie z.B. der Rasse, zu Verspannungsproblemen in diesem Bereich führen kann.

Auch heute noch werden verspannungsbedingte Rückenprobleme oft erst nach Ausschluss diverser anderer Ursachen mit einer inadäquaten Sattelpassform in Verbindung gebracht. Dabei gibt es eine Reihe von Symptomen, deren Auftreten bereits den Verdacht einer sattelbedingten Rückenproblematik aufkommen lassen sollte. Die folgenden Phänomene können als erste Anzeichen für Leistungsdepressionen bei Sport- und Freizeitpferden in Zusammenhang mit den Auswirkungen eines schlecht passenden Sattels gelten (*Jeffcott* 1979-95, *Harman* 1992-1997, *Gundel* und *Schatzmann* 1997): Jede Form von Widersetzlichkeit beim Putzen, Satteln und Aufsitzen, andauernde Steifheit über die Aufwärmphase hinaus, fehlende Anlehnung, Probleme bei der Biegung, Festmachen im Rücken, mangelnde Durchlässigkeit, Verweigerung von Sprüngen, schlechte Konzentration, schmerzbedingte „Bösartigkeit“ (Anlegen der Ohren, Zähneknirschen, vermehrtes Schlagen mit Kopf und Schweif), Atrophie der Rückenmuskulatur trotz regelmäßigen Trainings, Taktfehler und Hinterhandslahmheiten. Gerade in Schulbetrieben oder größeren Trainingsställen, wo u.U. mehrere Pferde unterschiedlicher Konstitutionen mit demselben Sattel geritten werden, sollte daher daran gedacht werden, dass der Sattel für das Auftreten derartiger Symptome mitverantwortlich gemacht werden muss. Ein zusätzliches Problem besteht auch nach wie vor darin, dass viele Reiter davon ausgehen, einen Sattel, der aus verschiedenen Gründen der anatomischen Rückensituation des Pferdes nicht oder nicht mehr entspricht, durch die ergänzende Verwendung einer Satteldecke wieder „passend machen“ zu können. Diese Annahme ist jedoch ein Trugschluss, wie die Untersuchungen von *Harman* et al. (1994) und auch die Erfahrungen unserer Forschungsgruppe gezeigt haben. Tatsächlich führte beispielsweise die ergänzende Benutzung von Gel Pads zu erheblichen Drucksteigerungen im Bereich des Widerristes (*Harman* et al. 1994).

Da der Sattel ein notwendiges Übel für den Pferdesport darstellt und dabei meist täglich zum Einsatz kommt, sollte die Wahl eines geeigneten Produktes die folgenden Schritte

beinhalten: I) Begutachtung des Pferdes durch den beauftragten Sattler, II) Auswahl eines Sattels, der zuerst den Ansprüchen des Pferdes, dann denen des Reiters genügt, III) Proberitt (ohne zusätzliche Satteldecke, mind. 20min), IV) Beurteilung der Passform anhand von Druck – und Schweißflecken nach dem Absatteln, V) ggf. kleine Korrekturarbeiten am Polster oder Kopfeisen zur Optimierung der Passform (größere Änderungen sollten beim Kauf eines neuen Sattels nicht erforderlich sein), VI) Vereinbarung einer Probezeit für den Käufer und VII) Kontrolle der Passform durch den Sattler (4 Wochen nach der Erstanpassung).

Die Verfügbarkeit eines elektronischen, druckregistrierenden Messsystems eröffnet uns an mehreren Stellen im Verlauf eines solchen Kaufgeschehens eine kritische, von der subjektiven Meinung des Sattlers unabhängige Beurteilungsmöglichkeit und stellt somit ein wertvolles Hilfsmittel für diesen Bereich dar.

## MATERIAL UND METHODE

### Grundlagen

Ausgangsmaterial für diese Studie waren die Ergebnisse der Sattelvermessungen von 25 Reiter-Pferd-Kombinationen sowie die zugehörigen Protokolle der Rücken – und Satteluntersuchungen (*Werner et al. 2002*). Diese stammten aus den gesammelten Daten unserer Forschungsgruppe aus den Jahren 2000-2002, die im Folgenden als Messreihe A bezeichnet werden sollen. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte eine zweite Untersuchung derselben Gruppe mindestens 3, höchstens jedoch 6 Monate nach erfolgter Sattelanpassung (Messreihe B). Dabei wurde darauf geachtet, dass Ablauf und Bewertung beider Messreihen in den für eine vertretbare Gegenüberstellung unerlässlichen Punkten übereinstimmten. Die Kombinationen von Pferd und Reiter blieben dabei in allen Fällen gleich. Alle Sättel wurden mit demselben Equipment (Pliance Mobile – 16HE Systems, Novel GmbH) vermessen (*Werner et al. 2002*).

Mit dem Ziel, einheitliche Kriterien für die Untersuchungen von Sätteln und Pferderücken festzulegen, ging den Untersuchungen eine genaue Absprache aller an der Durchführung beteiligten Personen voraus. Die Erfassung der Messdaten erfolgte in allen Fällen in der Reihenfolge Stand ohne Reiter, Stand mit Reiter, Schritt, Leichttrab, ausgesessener Trab und Galopp auf der linken Hand sowie im Leichttrab und Galopp auf der rechten Hand.

Für die Statistik wurden nur die Gangarten Stand ohne Reiter, Stand mit Reiter, Leichttrab, ausgesessener Trab und Galopp auf der linken Hand herangezogen. In früheren Arbeiten hatte sich herausgestellt, dass diese für eine repräsentative, statistische Auswertung als ausreichend angesehen werden können, da keine Unterschiede zwischen den Messwerten auf der rechten und der linken Hand beobachtet werden konnten (*Werner et al. 2002*).

Anhand von Videoaufnahmen wurde eine mögliche Beteiligung des reiterlichen Fortschritts sowie Änderungen bezüglich Ausbildungs- und Trainingsmethoden aufgrund der Ergänzungsvorschläge an einer insgesamt verbesserten Rückensituation der in Messreihe B untersuchten Pferde dokumentiert.



## Technische Daten

Das *Pliance Mobile – 16HE System* besteht aus einer 800 g schweren, 175 x 512 mm<sup>2</sup> je Seite grossen Messmatte, deren Sensorfläche über insgesamt 240 Drucksensoren verfügt. Diese registrieren mit einer Frequenz von 44 Hz Druckwerte im Bereich von 10 bis 100 kPa.

Zur Durchführung der Messung wird den Reitern ein portabler Mikrokontroller (*Pliance – 16HE Analyzer*) mit Hilfe eines Gurtsystems auf dem Rücken befestigt, welcher mit der Messmatte verkabelt ist. Der Analyzer überträgt die gemessenen Daten über Funk (blue tooth) auf einen mobilen Computer (Sony, Laptop xY), welcher mit verschiedenen Softwareprogrammen der Firma Novel ausgestattet ist und die direkte Visualisierung der Messungen während des Vorganges erlaubt. Hier wird dann die Darstellung und Auswertung der erfassten Daten vorgenommen.

Der Betrachter hat die Möglichkeit, sich die reellen Flächen – Druck – und Kraftmesswerte der 224 Felder in der zeitlichen Abfolge anzeigen zu lassen. Des Weiteren kann er sich die aufgezeichneten Werte zusammengefasst in Form eines virtuellen Bild, wie z.B. im NovelWin „Axis“ Programm als zweidimensionale Ansammlung von 112 verschiedenfarbigen Sensorfeldern je Seite, darstellen lassen (*Abb. 1a*). Dabei sind den verschiedenen Farben jeweils bestimmte Druckbereiche zugeordnet, wobei beispielsweise schwarz für niedrige, pink für hohe Werte steht. Hierzu stehen folgende Bildberechnungen zur Verfügung: I) Das MPP (Maximum Pressure Picture / Maximaldruckbild) zeigt den für jeden Sensor höchsten Druckwert der gesamten Messperiode an, II) Das MVP (Mean Value Picture / Durchschnittsdruckbild) stellt eine Berechnung über alle Bilder dar, die mindestens einen belasteten Sensor enthalten, III) Das MAP (Maximum Area Picture / Maximalflächenbild) zeigt den Moment während der Messperiode an, in dem die belastete Fläche am grössten ist, und IV) Das MFP (Maximum Force Picture / Maximalkraftbild) zeigt den Moment während der Messperiode an, bei dem die Summe aller auf die Sensoren einwirkenden Kräfte am grössten ist.

Eine die Auswertung erleichternde Darstellung bietet der Modus „Isobar“ (*Abb. 1b*). Hier erhält der Betrachter über die flächenhafte Farbausbreitung ein rahmenloses Druckdiagramm. Dieses bringt häufige Phänomene, wie eine Brückenbildung oder einzelne Bereiche konzentrierter Druckbelastung auch für das weniger geschulte Auge besonders gut zur Geltung. Einen dreidimensionalen Darstellungsmodus bietet das Programm „Magic Mountain“ (*Abb. 1c*). Vor allem lokale Punkte höchster Druckbelastung fallen hier ins Auge und können dem Betrachter sehr anschaulich vermitteln, wie bestimmte fehlerhafte Merkmale eines Sattels zu gravierenden Schmerzen und damit einhergehenden Verspannungen der Rückenmuskulatur des Pferdes führen können.

Anhand von Kurvenverläufen werden im Modus „Value Master“ die physikalischen Größen Fläche (cm<sup>2</sup>), Kraft (N) und Druck (kPa) gegen die gemessene Zeit dargestellt.

## **Pferd und Reiter**

Die Auswahl einer repräsentativen Untersuchungsgruppe beinhaltete zunächst die Befragung von 40 Pferdebesitzern, die in den letzten 2 Jahren eine Sattelvermessung im Rahmen der Projekte unserer Gruppe hatten durchführen lassen.

Mehr als 90% der Konsultierten waren mit den Resultaten der ersten Messung sehr zufrieden und zeigten sich an einer weiteren Messung zur Überprüfung der bis dahin nur subjektiv empfundenen Verbesserung der Gesamtsituation interessiert. Aus dem Kreis der Befragten wurde eine Gruppe von 25 Reitern ausgewählt, die den Empfehlungen der an den Messungen beteiligten Mitarbeiter gefolgt waren. In n=12 Fällen hatten sich die Pferdebesitzer aufgrund schlechter Messergebnisse zur Anschaffung eines neuen Sattels entschieden, in n=13 Fällen zur Abänderung des verwendeten Sattels durch einen Sattler seiner Wahl.

Der überwiegende Anteil der beteiligten Pferde war uns zum Zeitpunkt der ersten Vermessung mit Rückenbeschwerden vorgestellt worden oder wies eine, die Sattelanpassung erschwerende, Rücken-anatomie auf. Auch bei den Pferden, für die vorberichtlich keine lokalisierten Probleme im Bereich des Rückens beschrieben worden

waren, konnten in Messreihe A leichte bis mittelgradige Verspannungen, vor allem im Bereich der hinteren Sattellage, diagnostiziert werden.

## **Sättel**

Bei dem untersuchten Material handelte es sich um Westernsätteln (n=6), Distanzsättel (n=3) und Englische Sättel der Eignungsrichtungen Dressur (n=11) und Vielseitigkeit mit dem Schwerpunkt Dressur (n=5).

Um eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse beider Messreihen zu gewährleisten, wurden für Messreihe B nur Besitzer ausgesucht, die sich beim Kauf eines neuen Sattels für ein Produkt der gleichen Verwendungsrichtung wie zuvor entschieden hatten.

Das bereits in der Dissertation von *Werner et al.* 2002 veröffentlichte Protokoll zur Sattelbeurteilung wurde nach der Überarbeitung einiger Punkte inhaltlich auch für diese Studie übernommen, jedoch in einer neuen, die Auswertung erleichternden Form (*Abb. 2*).

## **Klinische Rückenuntersuchung**

Für diesen Teil der Studie wurden ebenfalls die Inhalte des von *Werner et al.* 2002 veröffentlichten Untersuchungsprotokolls übernommen (*Abb. 3*). Auch hier wurde nur der Aufbau aus Gründen besserer praktischer Anwendbarkeit umgestellt. Auf die Beurteilung der Merkmale „Zähne“, „Lade“ und „Maulwinkel“ wurde aufgrund unzureichender Angaben in den ursprünglichen Protokollen verzichtet.

Die Rückenuntersuchung wurde stets von wenigstens zwei fachkundigen Tierärzten, die diese unabhängig voneinander durchführten, vorgenommen. Um einer einseitigen Beurteilung vorzubeugen, wurde jeweils ein Vergleich der Ergebnisse angeschlossen und bei Unstimmigkeiten gegebenenfalls eine dritte Meinung eingeholt. Besondere Beachtung verdienten die in Messreihe A häufig diagnostizierten Verspannungen des Musculus longissimus lumborum et thoracis, des langen Rückenmuskels im Bereich der hinteren Sattellage.

## Statistik

Die vorliegenden Statistiken beinhalten die Auswertungen der Mess- und Untersuchungsergebnisse von 23 Teilnehmern. Für die Berechnungen wurde die verwendete Messmatte mit dem Software Programm „Creation of masks“ von Novel in sechs Areale (im Folgenden als Masken bezeichnet) unterteilt und mit den Abkürzungen M01 bis M06 versehen (Abb. 4). Da es in wenigen Messungen Ausfälle einzelner Sensoren gab, wurden für diese Fälle die Masken so erstellt, dass die Druck – und Flächenberechnungen beider Messreihen in den defekten Bereichen entfielen.

Für die Analyse wurden zunächst für alle Pferde die Mittelwerte der gemessenen Daten und Scores der Messreihen A und B ermittelt und mit der Varianzanalyse for repeated measures (ANOVA)\* erfasst, und damit ein erster Vergleich erstellt. Die Aufteilung der Daten in zwei Gruppen lieferte weiteres Analysematerial. So bestand die eine Gruppe (Gruppe K) ausschließlich aus Sätteln, die bezüglich ihrer Passform korrigiert worden waren. Die andere beinhaltete neu angeschaffte Sättel, die den ursprünglichen Sätteln gegenübergestellt wurden (Gruppe N). Bei den gebildeten Gruppen wurden wie zuvor alte und neue Messungen mit dem genannten Programm und zusätzlich noch mit dem Posthoc Test nach Scheffé berechnet und verglichen.

Den Befunden der Rücken – und Satteluntersuchungen wurde jeweils ein Zahlenwert / Score zugeordnet (Abb. 2 und 3) und auf diesem Weg die Erstellung einer Korrelationsmatrix für die Korrelationen der Rücken– bzw. Sattelmerkmale zu den Druck– und Flächenmesswerten beider Messreihen vorgenommen. Der Überschaubarkeit wegen wurden für diese Matrix nur die im ausgesessenen Trab erfassten Messdaten verwendet.

Die auf diesem Weg gefundenen Signifikanzen wurden dann im Z–Test zu den Druck– und Flächendaten aller Gangarten in Korrelation gesetzt.

Dabei wurden bei allen Vergleichen Werte von  $p < 0,05$  als signifikant festgelegt.

\*StatView Software, Abacus, CA, USA

## RESULTATE

### **Zusammenfassung**

In diesem Versuch konnte gezeigt werden dass Empfehlungen, die aufgrund der Druck – und Flächendaten vorausgegangener Sattelvermessungen mit dem Pliance Mobile – 16HE von Novel ausgesprochen und entsprechend befolgt worden waren, positive Auswirkungen auf die Rückengesundheit der Pferde hatten. Der statistische Vergleich der Ergebnisse beider Messreihen bestätigte diese Tatsache. Für die Messgruppen K und N waren Tendenzen hinsichtlich einer Vergrößerung in der Auflagefläche ersichtlich (*Tab.2 und 3, Abb.6*). Daneben ergab die Gegenüberstellung beider Messreihen für die Gruppe K in allen Gangarten eine tendenzielle Senkung der durchschnittlichen Druckwerte (*Tab. 2*). Für die Sättel der Gruppe N wurde eine signifikante Vergrößerung in der Sattelauflagefläche gefunden. Weiterhin ergab sich für diese Gruppe v.a. in den schnellen Gangarten eine Umverteilung der maximalen und durchschnittlichen Druckwerte zugunsten einer Entlastung des druckempfindlichen Bereiches der hinteren Brustwirbelsäule (*Tab. 4*).

### **System**

Die Benutzerfreundlichkeit des verwendeten Systems wurde in den vorausgegangenen Studien bereits beschrieben (*Werner et al. 2002*). Auch bei den Messungen dieser Arbeit erhielt das System wegen seiner für Pferd und Reiter unproblematischen Handhabung ein positives Feed-back von Seiten der Anwender. Die seit mehreren Monaten bestehende Möglichkeit, die von der Messmatte registrierten Daten über Funk an einen portablen Computer zu senden, bedeutete eine erhebliche Erleichterung der Messungen für den Reiter. Weiterhin erlaubte sie die gezielte Auswahl einer für die jeweilige Gangart repräsentativen Sequenz durch den Verantwortlichen am PC während der Messungen. Auf eine eventuell erforderliche Wiederholung der Messung konnte so verzichtet werden.

## **Ergebnisse der Rückenuntersuchung**

Für die *Gruppe K* (Sättel, die bezüglich ihrer Passform korrigiert worden waren) zeigte sich die verbesserte Rückensituation im Untersuchungsmerkmal „Verspannungen im Bereich der hinteren Brustwirbelsäulenmuskulatur“ mit einer Signifikanz von  $p = 0.0336$ . Der Vergleich der meisten anderen Untersuchungspunkte, wie z.B. „Bemuskelung von Hals und Widerrist“, „Ventroflexion“, „Verspannungen im Genick“ und dem Auftreten von „Gurtendruck“, lieferte uns positive Tendenzen in Richtung einer verbesserten Rückengesundheit der Pferde, jedoch keine signifikanten Unterschiede.

Für die *Gruppe N* (Sättel, die neu angeschafft worden waren) ergab die Statistik signifikante Unterschiede bezüglich der Rückenmerkmale „Verspannungen im Bereich der hinteren Brustwirbelsäulenmuskulatur“ ( $p = 0.0011$ ) und „Verspannungen im Bereich der Lendenmuskulatur“ ( $p = 0.0104$ ). Für die Indikatoren „Schmerzpalpation des Iliosakralgelenks“, „Dorsoflexion“ und „Verspannungen der Halsmuskulatur“ konnten wieder nur tendenzielle Verbesserungen der Rückensituation der Pferde gefunden werden ( $p > 0.05$ ).

## **Ergebnisse der Sattelbeurteilung**

Bei den Sätteln der *Gruppe K* wurde für das Merkmal „Auflagefläche“ eine mit  $p = 0.041$  signifikante Vergrößerung derselben gefunden. Tendenzen hinsichtlich einer verbesserten Passform konnten v.a. hinsichtlich der Sattelmerkmale „Härte der Polsterung“, „Kammerweite über dem Widerrist“ und „Tiefster Punkt der Sitzfläche“ festgestellt werden.

Für die *Gruppe N* ergaben sich signifikante Verbesserungen für die Passform bezüglich der Untersuchungsmerkmale „Sattelgrösse“ ( $p = 0.0284$ ), „Auflagefläche“ ( $p = 0.0201$ ) und „Polsterung der Sattelpissen“, ( $p < 0.0001$ ).

Für die Merkmale „Kammerweite über dem Widerrist ohne Reiter“, „Kammerweite über der hinteren Brustwirbelsäule mit und ohne Reiter“, „Tiefster Punkt der Sitzfläche“ und „Symmetrie der Sattelpissen“ wurden  $p$ -Werte errechnet, die gerade die statistische

Signifikanz verpassten und nur an der Grenze zu einer signifikant optimierten Sattelpassform lagen.

### **Gruppe K**

Für die geänderten Sättel konnten eine tendenzielle Verringerung der durchschnittlichen Druckwerte, besonders im Bereich der hinteren Sattellage, sowie eine tendenzielle Vergrößerung in der Sattelauflagefläche gefunden werden. Bezüglich der Symmetrieverhältnisse unter dem Sattel konnte eine verbesserte Verteilung der Druck – und Flächenwerte gesehen werden.

### ***Auflagefläche***

Im Stand mit Reiter, sowie im Trab und im Galopp war die Kontaktfläche (CA) der Sättel in Messreihe B tendenziell größer. Dabei gewannen die vorderen und vor allem die hinteren Masken bei kleinerer Standardabweichung an Fläche, was zu einer Angleichung der Werte aller sechs Masken führte. Die Auflagefläche wies zum Zeitpunkt der Wiederholungsmessung eine weniger ausgeprägte Rechts – Links – Asymmetrie auf, dass heisst, sie war nach den vorgenommenen Änderungen auf beiden Seiten der Wirbelsäule etwa gleich groß.

Das Maximalflächenbild (MAP) erbrachte in der Zweitmessung für den Stand mit Reiter, sowie den leichtgerittenen und den ausgesessenen Trab eine tendenziell vergrößerte Auflage, wobei vor allem die Masken des hinteren Sattelabschnittes an Fläche gewannen. Auch das MAP zeichnete sich in Messreihe B durch eine verbesserte Seitensymmetrie aus.

### ***Druck***

Die Maximaldruckwerte (MPP) der hinteren Masken lagen im Stand mit und ohne Reiter sowie im leichtgerittenen Trab in Messreihe B unter den Werten der Messreihe A. Die Spitzendruckwerte der vorderen und der mittleren Masken überschritten zum Teil die der Erstmessung. Der ausgesessene Trab und der Galopp zeigten für die beiden hinteren

Masken eine Tendenz zur Wertangleichung, dass heisst eine verbesserte Rechts – Links – Symmetrie war auch für diesen Indikator zu beobachten (*Tab. 3*).

Für die durchschnittlichen Druckwerte (MVP) ergab die Wiederholungsmessung eine in allen Gangarten festzustellende Senkung der Werte. Auch die Standardabweichung fiel in allen Gangarten geringer aus, was aufgrund der somit kleineren Varianz innerhalb der Ergebnisse die positive Entwicklung der Werte noch unterstreichen konnte. Die durchschnittliche Druckbelastung des Pferderückens betrug in den schnellen Gangarten zwischen 13.5 kPa am Widerrist und 11.8 kPa im Bereich der hinteren Brustwirbelsäule.

### **Gruppe N**

Die Gegenüberstellung der Sättel der Messreihen A und B ergab für diese Gruppe in mehreren Gangarten eine statistisch signifikante Vergrösserung der Auflagefläche. Für die Druckparameter wurden nur tendenzielle Messwertänderungen gefunden. Hier kam der festgestellten Umverteilung der maximalen und durchschnittlichen Druckwerte von den hinteren auf die vorderen und/oder mittleren Maske jedoch besondere Bedeutung zu (*Tab. 4, Abb. 5*).

### **Auflagefläche**

In allen Gangarten zeigten die Kontaktfläche(CA) und das Maximalflächenbild (MAP) bei der Vermessung der neuen Sättel eine vergrösserte und dabei über alle Masken gleichmässiger verteilte Auflage. Besonders gewannen die Masken des vorderen, aber auch die des hinteren Sattelabschnittes an Fläche, während die der Sattelmittle nahezu unverändert blieben (*Tab. 2 und 4, Abb. 6*).

Die von der Maskenverteilung unabhängige Gegenüberstellung der Flächenwerte von Messreihe A und B zeigte für CA und MAP im Stand mit Reiter ( $p = 0.0015$  bzw.  $0.0007$ ), für CA im ausgesessenen Trab ( $p = 0.0211$ ) und im Galopp ( $p = 0.0021$ ) und für MAP im leichtgerittenen Trab ( $p = 0.0196$ ) signifikante Vergrösserungen in der Sattelauf Auflagefläche.



Beim Vergleich der einzelnen Masken unter Einbeziehung des Codes lag eine signifikante Vergrößerung für die Kontaktfläche (CA) von  $p = 0.0059$  im Stand ohne Reiter vor. Für das Maximalflächenbild (MAP) wurden hier signifikante Vergrößerungen der Sattelauflagefläche im Stand ohne Reiter ( $p = 0.0209$ ) sowie im Leichttrab ( $p = 0.0196$ ) und im ausgesessenen Trab ( $p = 0.0307$ ) gefunden.

Im Posthoc Test nach Scheffé ergab sich neben den bereits Erwähnten für die Kontaktfläche (CA) eine weitere Signifikanz von  $p = 0.0156$  im Leichttrab und für das Maximalflächenbild (MAP) eine von  $p = 0.0019$  im Galopp.

### **Druck**

Maximal- und Durchschnittsdruckbild (MPP und MVP) zeigten beim Vergleich der beiden Messreihen bezüglich ihrer absoluten Werte keine einheitliche Richtung. Die Standardabweichung fiel für die Vermessung der neuen Sättel in allen Gangarten (außer im Stand ohne Reiter) deutlich geringer aus.

Das Maximaldruckbild (MPP) ergab in Messreihe B im Stand ohne Reiter sowie im ausgesessenen Trab tendenziell geringere, in den übrigen Gangarten tendenziell geringfügig höhere Spitzendruckwerte. Dabei wurden die vorderen Masken der neuen Sättel mehr, die hinteren Masken hingegen mit deutlich weniger Druck belastet.

Die Werte der Masken der Sattelmitte blieben nahezu unverändert. Die Druckverteilung unter den neuen Sätteln war von einer verbesserten Seitensymmetrie geprägt.

Das Durchschnittsdruckbild (MVP) präsentierte sich im Stand ohne Reiter und im Galopp mit geringeren, im Stand mit Reiter und im Trab mit leicht erhöhten Werten. In allen Gangarten fand sich für diesen Messindikator bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Messreihen ein wiederkehrendes Muster. So lagen die durchschnittlichen Druckwerte für die neuen Sättel im Bereich der vorderen Masken stets über denen der alten Sättel. Im Bereich der Mitte stieg der Wert für Maske 3 und sank für Maske 4 zugunsten einer bilateral gleichmässigen Druckverteilung. Hinten blieben die Werte entweder konstant oder lagen unter denen der Erstmessung (*Tab. 4*).

### **Kraft (Gruppe K und N)**

Die bei der Erstmessung festgestellte Kraftverteilung erfuhr bei der Vermessung der neuen Sättel ebenso wie die beschriebene Verteilung der maximalen und durchschnittlichen Druckwerte eine deutliche Änderung. In Messreihe A waren die Masken der Sattelmitte, gefolgt von denen der hinteren Sattellage der grössten Krafteinwirkung ausgesetzt. Dahingegen wurden für die vorderen Masken nur geringe Werte gemessen. Die neuen Sättel dagegen schienen den Schwung des Reitergewichtes in der Bewegung besser verteilen zu können, da hier das Kraftbild (F) eine auf alle Masken relativ gleichmäßige Krafteinwirkung zeigte.

### **Korrelationen (Gruppe K und N)**

Die Korrelationsbildung zwischen den Druck- und Flächendaten der Wiederholungsmessung im ausgesessenen Trab und einigen, für die Rückengesundheit besonders wichtigen Rückenmerkmalen, ergab folgendes Ergebnis:

Eine grosse maximale Auflage im Bereich der vorderen Masken ging bei den Pferden der Gruppe K mit geringen Verspannungserscheinungen der hinteren Brustwirbelsäulenmuskulatur einher (MAP: Maske(M) 1:p=0.0052, M2:p=0.0020).

Bei den Pferden der Gruppe N korrelierten relativ hohe Durchschnittsdruckwerte (MVP) und eine grosse maximale Auflagefläche (MAP) im Bereich der vorderen Sattellage mit einer guten Seitwärtsbiegsamkeit der Wirbelsäule (MVP: M1:p=0.0160, M2:p=0.0165; MAP: M1:p=0.0177, M2:p=0.0074).

Die zwischen den Sattelmerkmalen und den Druck- und Flächendaten der Wiederholungsmessung gebildeten Korrelationen ergaben für beide Untersuchungsgruppen in den Punkten „Polsterhärte“ und „Polsterfüllung“ Resultate von statistischer Relevanz. Demnach ging bei beiden Untersuchungsgruppen ein unebenes oder zusammengefallenes Polster mit einem hohen Maximaldruck im Bereich der hinteren Masken (Gr.K: M5:p=0.0424,

M6:p=0.0100; Gr.N: M5:p=0.0270) und einer kleinen maximalen Auflagefläche (Gr.K: M6:p=0.0111; Gr.N: M5:p=0.0159, M6:p=0.0454) in diesem Bereich einher.

Ebenso korrelierte ein hartes Polster bei den Pferden der Gruppe N mit hohen maximalen Druckwerten im Bereich der mittleren und hinteren Masken (M3:p=0.0058, M5:p=0.0004).

Die Bildung weiterer Korrelationen erwies sich als nicht sinnvoll, da mit n=23 die Zahl der in die Statistik eingehenden Vermessungen und damit auch die Zahl der möglichen Varianzen innerhalb der gewählten Beurteilungsschemata relativ klein war.

## DISKUSSION

Zunächst kann gesagt werden, dass die Untersuchungen der ersten Arbeit unserer Gruppe (Werner et al. 2002) in der vorliegenden Studie vollumfänglich bestätigt werden konnten. Basierend auf den Ergebnissen dieser und anderer Vorstudien wurde diese Arbeit durchgeführt um unter anderem eine Antwort auf die Frage zu finden, ob elektronische Druckmessungen unter dem Sattel für den täglichen Einsatz im Pferdesport – und Freizeitbereich geeignet und von wissenschaftlicher Seite aus als sinnvoll zu erachten sind. Die dargestellten Untersuchungsergebnisse bestätigen diese Annahme in jedem Fall. Bereits die Tatsache, dass sich über 90% der beteiligten Reiter mit der Situation nach Ausführung der von uns erteilten Vorschläge zufrieden zeigten, spricht für sich. Diese zunächst subjektive Einschätzung von Seiten der Reiter konnte der signifikante Rückgang der unter Verspannungserscheinungen leidenden Pferde mit dem klinischen Rückenuntersuchungsprotokoll im Folgenden bestätigen. Dass nun die nach Absprache abgeänderten, bzw. neu angeschafften Sättel massgeblich an der verbesserten Situation beteiligt waren, verdeutlichen die in Messreihe B gefundenen Ergebnisse.

Die Grösse der Sattelauflagefläche ist auch den Ergebnissen dieser Arbeit zufolge von besonderer Bedeutung, da die Pferde unter den neuen, bzw. abgeänderten Sätteln zu weniger Verspannungen tendierten als dies noch zum Zeitpunkt der Erstmessung der Fall war.

Neben der Vergrösserung der Auflagefläche findet sich in Messreihe B auch ein Wertanstieg der einwirkenden Kraft. Diese stellt die Summation der auf die Sensoren auftreffenden Einzelkräfte dar. Über Bedeutung und Aussagekraft dieses Messindikators liegen bislang nur wenig Erfahrungswerte vor, unter anderem aus dem Grund, dass er für die Interpretation der Vermessungsergebnisse des Sattels an sich nur von geringem Interesse ist. Hingegen liefert er Informationen über die Einwirkung, sprich die Hilfengebung des Reiters. Danach könnte die in Messreihe B auftretende Kraftzunahme als Fortschritt hinsichtlich der reiterlichen Fähigkeiten interpretiert werden. Kraft, die in Messreihe A beispielsweise aufgrund von

Gleichgewichtsdefiziten des Reiters verloren ging, konnte in der Wiederholungsmessung bereits gezielter und damit effektiver eingesetzt werden. Dem Vergleich der Rückenuntersuchungsergebnisse mit den Maximaldruckwerten der Wiederholungsmessungen kann entnommen werden, dass das Vorkommen von Druckspitzen, v.a. im Bereich des Widerrists, von den Pferden insgesamt besser toleriert wurde als kontinuierlich auftretend hohe Druckwerte.

So bestätigte sich die in Vorstudien (*Werner et al. 2002*) festgelegte obere Grenze der durchschnittlichen Druckwerte von 10 – 12 kPa/cm<sup>2</sup> für den Bereich der hinteren Sattellage auch in dieser Untersuchung, da sie mit dem Vorliegen von Verspannungen der Rückenmuskulatur der untersuchten Pferde in Zusammenhang stand. Diese Grenze kann zunächst nur als Anhaltspunkt gelten, da sie den Mittelwert aller Ergebnisse der an den verschiedenen Messungen beteiligten Pferde unterschiedlicher Alters – und Rassengruppen darstellt.

Dass beispielsweise ein Vollblutaraber schon bei relativ geringen, ein schweres Kaltblut aufgrund einer trägeren zentralen Regulation der neuralen Reizweiterleitung hingegen erst bei weitaus höheren Werten mit schmerzbedingten Verspannungszuständen reagieren wird, entspricht unseren Vorstellungen. Diesbezüglich liegen uns jedoch bislang keine Daten vor, es besteht hier weiterer Forschungsbedarf.

Bedeutsamer als die absoluten Zahlen scheint für einen gesunden Pferderücken jedoch eine adäquate Verteilung der durchschnittlichen Drücke zu sein. So fiel auf, dass die neuen Sättel vor allem in den schnellen Gangarten die Last des Reiters so verteilten, dass es zu einer deutlichen Entlastung der hinteren Brustwirbelsäulenregion kam, die unseren Erfahrungen zufolge besonders empfindlich auf Druck reagiert. Dies ist umso bedeutsamer, da der Pferderücken in den schnellen Gangarten aufgrund der Beschleunigung des Reitergewichtes einer grösseren Krafteinwirkung ausgesetzt ist. Es sollte daher besonderes Interesse bestehen, diesen Abschnitt vor einer zu hohen Druckeinwirkung zu schützen. Die durch die Druckumverteilung bedingte Mehrbelastung im Bereich der vorderen Sattellage führte in keinem der Fälle zu schmerzhaften Verspannungen der betroffenen Muskelanteile.

Von ähnlich grosser Bedeutung ist den Ergebnissen dieser Studie zufolge auch die bilateral symmetrische Verteilung der Maximal – und Durchschnittsdruckwerte. Viele der Reiter tendierten in Messreihe A dazu, im Sattel vermehrt zu einer Seite zu sitzen, was z.T. auch an der stärkeren Abnutzung der Sattelkissen auf der entsprechenden Seite nachzuvollziehen war.

Die Arbeiten am Sattel bzw. der Neuerwerb bewirkten auch in diesem Punkt ausgeglichene Verhältnisse. Zusätzlich verbesserte das anhand von Videoaufzeichnungen gewonnene Können des Reiters um seine von der Senkrechten abweichende Haltung die Situation. Die Bedeutung einer gleichmässigen Polsterung sowie einer guten Polsterhärte konnte auch durch die Korrelationen, die für diese Sattelmerkmale gebildet wurden, unterstützt werden. So stand ein zu hartes oder uneben gefülltes Polster mit hohen maximalen Druckwerten, und daher mit einem gehäuften Auftreten von schmerzhaften Verspannungszuständen der zugehörigen Muskelpartien in Zusammenhang. Auch die in allen Gangarten wiederzufindende Umverteilung der einwirkenden Kraft spricht für die Qualität des abgeänderten oder neuen Sattelpolsters. Der Schwung, mit dem der Reiter in der Bewegung auf den Pferderücken auftrifft, konnte in der Wiederholungsmessung in allen Arealen gleichermassen abgefangen werden. Auch der reiterliche Fortschritt wird an dieser Kraftumverteilung beteiligt gewesen sein.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Messreihen unterstützt somit die Behauptung, dass die ausgesprochenen Optimierungsvorschläge bezüglich einer besseren Sattelpassform für die Rückengesundheit der Pferde bedeutsam waren. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei Entwicklungen dieser Art oft um ein multifaktorielles Geschehen handelt. Nicht zuletzt werden auch die Möglichkeit der bildlichen Darstellung der Messergebnisse und die Videoaufzeichnungen eventueller Mängel in Bezug auf das reiterliche Können ein geschärftes Bewusstsein der Reiter und eine damit zusammenhängende Optimierung der Gesamtsituation herbeigeführt haben.

Die von vorne herein als gering einzustufende Wahrscheinlichkeit, viele statistisch signifikante Wertveränderungen zu erhalten, resultierte zum einen aus der relativ kleinen

Anzahl von Probanden, zum anderen aus der Tatsache, dass bei den teilnehmenden Pferd – Reiterkombinationen bereits eine gewisse Vorarbeit geleistet worden war. So hatten die meisten Teilnehmer schon ein gewisses Mass an Anstrengungen, z.B. in Form vom Kauf eines massgefertigten Sattels, physiotherapeutisch wirksamer Übungen, begleitender schulmedizinischer Maßnahmen oder optimierter Haltungs– und Fütterungsbedingungen, unternommen, bevor sie zu der ersten Messung erschienen. Es ist daher anzunehmen, dass in dem uns vorliegenden Untersuchungsmaterial von Anfang an keine wirklich schlecht passenden Sättel vertreten waren. Wären auch solche Fälle in diese Studie miteingegangen, hätte die vergleichende Betrachtung der Vermessungsergebnisse weit eher zu einer für alle Gangarten signifikanten Zunahme der Auflagefläche und einer Senkung der durchschnittlichen und maximalen Druckwerte geführt. Die Anschaffungen der neuen Sättel war von jedem der Reiter der Gruppe N bei verschiedenen Sattlereien oder Reitsportfachgeschäften selbst getätigt worden. Sie spiegeln deshalb nur die von diesen, hinsichtlich der Passform gesetzten Prioritäten wider. Das Resultat zeigt jedoch, dass die Sattler um die Notwendigkeit einer breiten Sattelauflage und des korrekten Sitzes des Schwerpunktes zu wissen scheinen oder/und die vom Besitzer vorgelegten Messdaten richtig interpretieren konnten. Häufig auftretende Phänomene, wie das einer Brückenbildung oder konzentrierter Punkte hohen Drucks, wurden bei der Anpassung eines neuen Sattels dagegen oft übersehen. Um auch diese, für den Pferderücken äusserst ungünstigen Mängel bezüglich der Sattelpassform ausschliessen zu können, bietet sich auch für den Sattler die Verwendung des beschriebenen Systems, am besten in Zusammenarbeit mit dem behandelnden Tierarzt, an. In diesem Zusammenhang müssten also auch Anstrengungen bezüglich der Schulung von Sattlern hinsichtlich einer optimalen Sattelanpassung nach wissenschaftlichen Erkenntnissen unternommen werden.

Zusammenfassend kann mit Sicherheit gesagt werden, dass neben einer breiten Auflagefläche und möglichst geringen Durchschnittsdruckwerten, vor allem eine korrekte Druckverteilung und ausgeglichene Symmetrieverhältnisse unter dem Sattel für einen gesunden Pferderücken von Bedeutung sind. Für die Gruppe K war insbesondere die

Senkung der durchschnittlichen Druckbelastung des Pferderückens im Bereich der Masken der hinteren Sattellage von Bedeutung. Bei der Pferden der Gruppe N führte vor allem die Neuverteilung der den Pferderücken kontinuierlich belastenden Drücke in Kombination mit der signifikanten Vergrößerung der Sattelauflagefläche zu einer Entlastung der empfindlichen Areale. Beide Phänomene resultierten in dem gefundenen signifikanten Rückgang der von Rückenerkrankungen betroffenen Pferde. Neben vielen anderen Faktoren, welche die Rückengesundheit und damit zwangsläufig auch die Leistungsbereitschaft unserer Reitpferde beeinflussen, kommt also einer optimalen Sattelpassform in diesem Zusammenhang eine ganz entscheidende Rolle zu. Daher sollte einem Gebiet, dass sich nicht unserer Einflussnahme entzieht, sondern im Gegenteil gezielt von uns angegangen und somit das Risiko von diesbezüglich möglicherweise entstehenden Problemen minimiert werden kann, in Zukunft eine entsprechende Bedeutung zukommen. Dieses kann nur erreicht werden, wenn auch die Sattelindustrie in Zukunft neuen Erkenntnissen aus der Wissenschaft offen gegenübersteht und die Verwendung der auf diesem Wege erprobten druckregistrierenden Messsysteme in Erwägung zieht.



**Tabelle 1**

<b>Gangarten</b>	<b>Code</b>	<b>MPP</b>	<b>MVP</b>	<b>MFP</b>	<b>MAP</b>
Stand ohne Reiter	A	10.045 ± 4.118	8.523 ± 3.673	186.302 ± 77.531	656.592 ± 196.010
Stand ohne Reiter	B	9.205 ± 4.367	6.705 ± 3.031	157.857 ± 75.324	606.416 ± 275.354
Stand mit Reiter	A	21.977 ± 8.458	17.977 ± 6.183	678.176 ± 184.266	1201.441 ± 157.848
Stand mit Reiter	B	19.682 ± 5.052	16.636 ± 3.741	703.487 ± 155.128	1222.673 ± 163.112
Trab leichtgeritten	A	48.750 ± 12.826	15.500 ± 4.424	732.881 ± 206.314	970.795 ± 204.543
Trab leichtgeritten	B	50.725 ± 12.176	14.500 ± 3.000	721.207 ± 184.513	1017.395 ± 215.284
Trab ausgesessen	A	45.523 ± 11.303	14.818 ± 3.250	737.384 ± 192.383	960.645 ± 211.583
Trab ausgesessen	B	45.750 ± 9.690	14.523 ± 2.218	743.235 ± 174.196	1031.706 ± 195.171
Linksgalopp	A	50.875 ± 11.198	17.725 ± 5.148	787.531 ± 204.256	1002.346 ± 242.738
Linksgalopp	B	51.568 ± 7.970	16.409 ± 3.459	793.499 ± 181.072	958.217 ± 167.673

**Tabelle 2**

Gangarten	Code	MPP	MVP	MFP	MAP
Stand ohne Reiter	A	11.023 ± 3.649	8.614 ± 3.059	182.220 ± 75.872	586.843 ± 126.023
Stand ohne Reiter	B	9.417 ± 5.890	8.062 ± 4.754	199.838 ± 114.779	633.982 ± 221.470
Stand mit Reiter	A	17.750 ± 6.901	14.050 ± 4.259	578.265 ± 100.691	1062.054 ± 103.456
Stand mit Reiter	B	20.792 ± 8.554	15.583 ± 3.747	778.680 ± 180.672	1297.707 ± 145.323
Trab leichtgeritten	A	45.375 ± 10.243	16.875 ± 4.365	727.625 ± 140.019	923.920 ± 124.889
Trab leichtgeritten	B	51.396 ± 8.263	17.167 ± 4.421	879.895 ± 201.739	1088.125 ± 158.324
Trab ausgesessen	A	45.417 ± 11.508	15.646 ± 4.423	734.616 ± 142.753	931.052 ± 134.454
Trab ausgesessen	B	44.167 ± 6.863	17.188 ± 4.338	899.547 ± 198.553	1096.845 ± 160.646
Linksgalopp	A	49.275 ± 10.600	20.075 ± 6.606	798.328 ± 221.342	919.536 ± 150.013
Linksgalopp	B	52.875 ± 9.216	19.062 ± 4.704	943.626 ± 204.857	1098.393 ± 168.511

Tabelle 3

Gangart	Maske	Code	MPP	MVP	MFP	MAP
<i>Linksgalopp</i>	1	A	44.175 ± 11.873	15.250 ± 5.217	158.638 ± 45.258	198.801 ± 30.833
	1	B	45.364 ± 10.606	13.477 ± 3.272	157.831 ± 45.570	196.529 ± 33.902
	2	A	35.650 ± 13.222	15.025 ± 5.760	152.617 ± 55.805	186.415 ± 44.943
	2	B	36.159 ± 11.843	13.136 ± 5.012	135.620 ± 60.924	170.277 ± 40.852
	3	A	30.050 ± 11.229	12.925 ± 4.370	131.093 ± 46.102	176.994 ± 43.243
	3	B	31.525 ± 8.237	12.200 ± 3.023	124.887 ± 34.603	156.440 ± 40.510
	4	A	33.000 ± 10.434	14.222 ± 4.674	146.060 ± 45.533	182.302 ± 54.306
	4	B	36.227 ± 10.086	15.205 ± 3.927	142.650 ± 44.980	163.218 ± 35.793
	5	A	38.075 ± 12.329	12.550 ± 4.452	117.104 ± 37.080	143.913 ± 37.955
	5	B	37.523 ± 11.839	11.795 ± 3.029	125.589 ± 34.366	146.025 ± 37.955
	6	A	30.778 ± 8.290	10.417 ± 3.520	107.361 ± 42.177	146.831 ± 54.942
	6	B	34.818 ± 13.838	10.386 ± 3.019	118.273 ± 45.472	139.949 ± 38.296

Tabelle 4

Gangart	Maske	Code	MPP	MVP	MFP	MAP
<i>Linksgalopp</i>	1	A	46.875 ± 12.656	15.775 ± 4.998	141.250 ± 73.350	152.753 ± 47.031
	1	B	50.438 ± 9.397	16.583 ± 5.687	179.987 ± 67.850	199.554 ± 41.113
	2	A	41.028 ± 12.04	15.278 ± 7.264	123.888 ± 71.140	152.517 ± 46.672
	2	B	45.854 ± 12.347	15.396 ± 4.583	167.996 ± 50.640	193.342 ± 40.660
	3	A	37.525 ± 8.477	15.150 ± 4.274	153.359 ± 29.112	185.132 ± 17.008
	3	B	37.438 ± 12.313	14.208 ± 5.404	158.411 ± 56.540	189.557 ± 28.327
	4	A	37.139 ± 11.919	18.028 ± 7.453	166.062 ± 53.484	185.714 ± 18.147
	4	B	34.771 ± 8.144	14.854 ± 5.268	168.654 ± 57.058	193.441 ± 31.004
	5	A	33.800 ± 8.311	13.325 ± 3.416	127.037 ± 35.358	145.883 ± 27.685
	5	B	33.396 ± 8.440	11.854 ± 3.753	133.202 ± 39.766	161.098 ± 36.800
	6	A	35.667 ± 7.950	13.000 ± 3.899	128.589 ± 21.350	145.951 ± 16.650
	6	B	35.438 ± 8.274	11.625 ± 3.118	135.373 ± 35.774	161.406 ± 53.833

## LEGENDE zu den Tabellen

- Tab. 1: Mittelwerte mit Standardabweichungen der Maximum Pressure Picture (MPP), Mean Value Picture (MVP), Maximum Force Picture (MFP) und Maximum Area Picture (MAP) für die Druckwerte  $D=N/cm^2$  in den untersuchten Gangarten für die Gruppe K.  
Der Code entspricht der Erst (A)- bzw. Zweitmessung (B). Die Werte in den schattierten Feldern verdeutlichen die in allen Gangarten festgestellte Abnahme der Durchschnittsdruckwerte (MVP).
- Tab. 2: Mittelwerte mit Standardabweichungen der MPP, MVP, MFP und MAP für die Druckwerte  $D=N/cm^2$  in den untersuchten Gangarten für die Gruppe N.  
Von Bedeutung ist hier vor allem die im Stand mit Reiter, im Leichttrab, im ausgesessenen Trab und im Galopp signifikant vergrößerte Auflagefläche.
- Tab. 3: Verteilung der Druck – und Flächenwerte auf die sechs Masken im Linksgalopp für die Gruppe K. Zu beachten ist hier die tendenzielle Abnahme der durchschnittlichen Druckwerte v.a. im Bereich der hinteren Masken. Daneben zeichnen sich die gemäss unserer Empfehlungen geänderten Sättel durch eine bessere Gewährleistung der seitengleichen Verhältnisse bezüglich der maximalen Druckwerte aus.
- Tab. 4: Verteilung der Druck – und Flächenwerte auf die sechs Masken im Linksgalopp für die Gruppe N. Die neuen Sättel zeigen eine Umverteilung der durchschnittlichen Druckwerte, die in einer vermehrten Belastung der vorderen und mittleren Sattellage zugunsten einer Entlastung der auf konstanten Druck besonders empfindlich reagierenden Region der hinteren Sattellage. Diese Neuverteilung konnte unseren Untersuchungen zufolge in Kombination mit einer Senkung der Spitzendruckwerte in diesem Bereich einen Rückgang der unter Verspannungserscheinungen leidenden Pferde bewirken.

- tab. 1: Mean values and standard deviation of the Maximum Pressure Picture (MPP), Mean Value Picture (MVP), Maximum Force Picture (MFP) and Maximum Area Picture (MAP) for the pressure values ( $D=N/cm^2$ ) in the examined gaits for group K.  
The code corresponds to the first (A) or second (B) row of measurements. Values shown in the shaded panels represent the decrease of the mean pressure values (MVP) found in all gaits.
- tab. 2: Mean values and standard deviation of the MPP, MVP, MFP and MAP for the pressure values ( $D=N/cm^2$ ) in the examined gaits for group N.  
Note the significant enlargement of the contact area in all gaits.
- tab. 3: Values for pressure and contact area distributed on the six masks in left hand canter (group K). Be aware of the decrease of the mean pressure values, especially in the region of the rear masks. Also note the improve in symmetrical proportions concerning the maximum pressure values of the adjusted saddles.
- tab. 4: Measured values for pressure and contact area distributed on the six masks in left hand canter (group N). The new saddles show a distinct change in distribution of the mean pressure values. These consist in an increased pressure load in the region of the front and middle part of the saddle in favour of a decrease in pressure load in the highly sensitive rear part of the saddle's contact area. In combination with the drop of the maximum pressure values the change in distribution caused a decline in horses suffering from back ache in that easily irritable region.

Abb. 1a

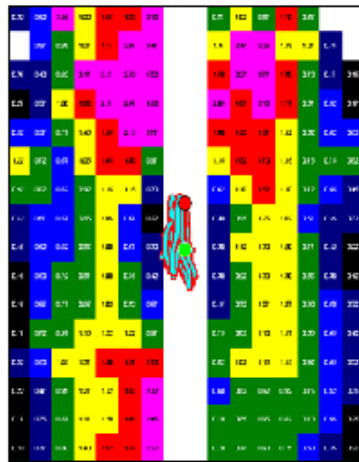
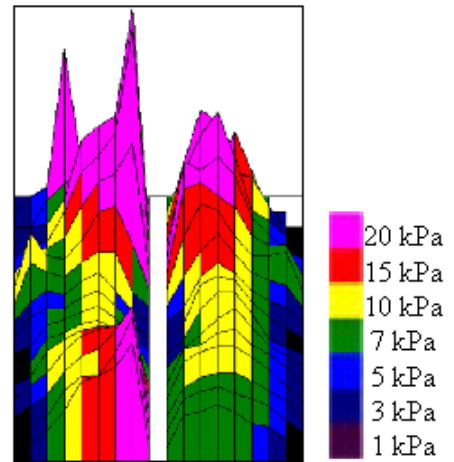


Abb. 1b



Abb. 1c



20 kPa  
15 kPa  
10 kPa  
7 kPa  
5 kPa  
3 kPa  
1 kPa

Abb. 2: Protokoll zur Satteluntersuchung

<b>ALLGEMEINES</b>	<b>SCORE 1</b>	<b>X</b>	<b>SCORE 2</b>	<b>X</b>	<b>SCORE 3</b>	<b>X</b>	<b>SCORE 4</b>	<b>X</b>
Nutzungsrichtung	DS / VSD		S / VSS		Western		Distanz	
Maßsattel	ja		nein (Halbmass)		gebraucht gekauft		--	
Alter des Sattels								
Sattelunterlage	Baumwollschabracke		Lammfell		Gelkissen		Keil	
<b>SATTELBEURTEILUNG OHNE PFERD</b>								
Größe	zu klein		zum Pferd passend		zu gross		--	
Symmetrie der Sattelkissen	symmetrisch		asymmetrisch				--	
Härte der Polsterung	zu weich		gut		zu hart		--	
Polsterfüllung	gleichmässig		ggr. uneben		höckerig		zusammengefallen	
Kissenkanal	zu eng		gut		zu weit		--	
Verarbeitungsfehler, Defekte, etc.	ja		nein		--		--	
<b>BEURTEILUNG AM PFERD</b>								
Kammerweite Widerrist (von vorne)	zu eng		korrekt		zu weit		--	
ohne Reiter							--	
mit Reiter							--	
Kammerweite Wirbelsäule (von hinten)	zu eng		korrekt		zu weit		--	
ohne Reiter							--	
mit Reiter							--	
Kammerhöhe	zu klein		korrekt		zu hoch		--	
ohne Reiter							--	
mit Reiter							--	
Auflagefläche	gleichmässig		Brückenbildung		hinten ohne Auflage		sonstiges	
Sattelbaum	zu kurz		zum Pferd passend		zu lang		--	
Sattelpadius	zu klein		zum Pferd passend		zu gross		--	
Trachtenwinkelung (von hinten)	zu flach		korrekt		zu steil		--	
Schulterfreiheit	gewährleistet		nicht gewährleistet		--		--	
Tiefster Punkt der Sitzfläche	zu weit vorne		korrekt		zu weit hinten		--	
Gurtposition	fällt lotrecht		fällt nicht lotrecht		--		--	
Steigbügelaufhängung	zu weit vorne		korrekt		zu weit hinten		--	



Abb. 3: Protokoll zur Rückenuntersuchung

ADSPEKTION	SCORE 1	X	SCORE 2	X	SCORE 3	X	SCORE 4	X
Ernährungszustand	schlecht		mässig		gut		adipös	
Bemuskelung	atrophisch		gut		hypertroph		--	
Hals	atrophisch		gut		hypertroph		--	
Vorderbein / Schulter	atrophisch		gut		hypertroph		--	
Rücken	atrophisch		gut		hypertroph		--	
Kruppe / Hinterhand	atrophisch		gut		hypertroph		--	
Satteldruck	nein		ja		Scheuerstelle		--	
Gurtendruck	nein		ja		Scheuerstelle		--	
Asymmetrien im Beckenbereich	nein		ja		--		--	
Wirbelsäulenverlauf (Krümmungen, etc.)	nein		ja		--		--	
Vorliegen einer Lahmheit	nein		ja		--		--	
<b>PALPATION</b>								
Genick	o.b.B.		dolent		verspannt		--	
Halsmuskulatur	o.b.B.		verspannt		--		--	
Biegsamkeit der Halswirbelsäule	o.b.B.		ggr. eingeschränkt		mgr. eingeschränkt		hgr. eingeschränkt	
Muskulatur im Widerristbereich	o.b.B.		ggr. verspannt		mgr. verspannt		hgr. verspannt	
Muskulatur der hinteren BWS	o.b.B.		ggr. verspannt		mgr. verspannt		hgr. verspannt	
Muskulatur der LWS	o.b.B.		ggr. verspannt		mgr. verspannt		hgr. verspannt	
Dornfortsätze	o.b.B.		ggr. verspannt		mgr. verspannt		hgr. verspannt	
Ventroflexion	o.b.B.		Biegsamkeit verringert		Steifheit		Abwehr	
Dorsoflexion	o.b.B.		Biegsamkeit verringert		Steifheit		Abwehr	
Lateroflexion	o.b.B.		Biegsamkeit verringert		Steifheit		Abwehr	
Iliosakralgelenk	o.b.B.		Abwehr		deutliches Ausweichen		--	
					nach ventral			
Gang								
Sonstiges								

Abb. 4

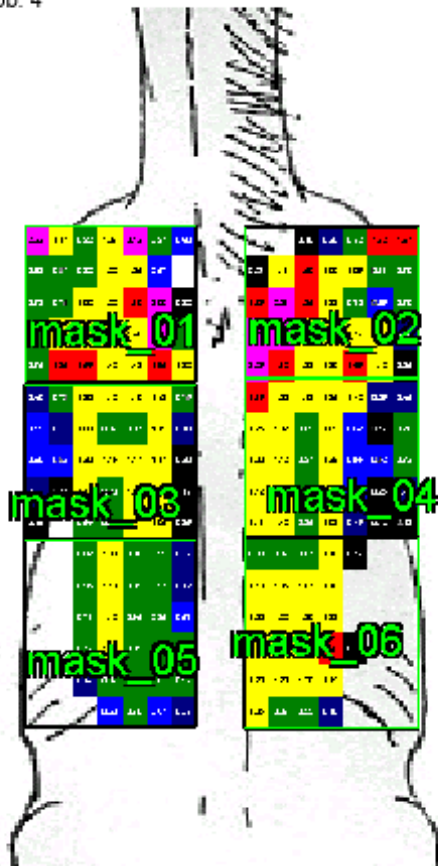


Abb. 5a

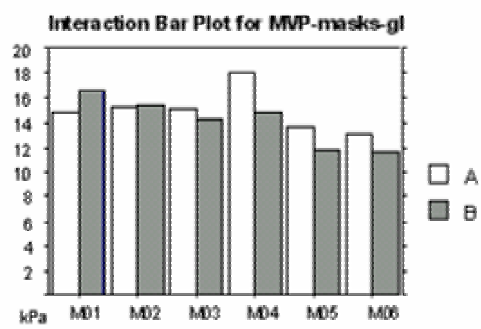


Abb. 5b: Messreihe A

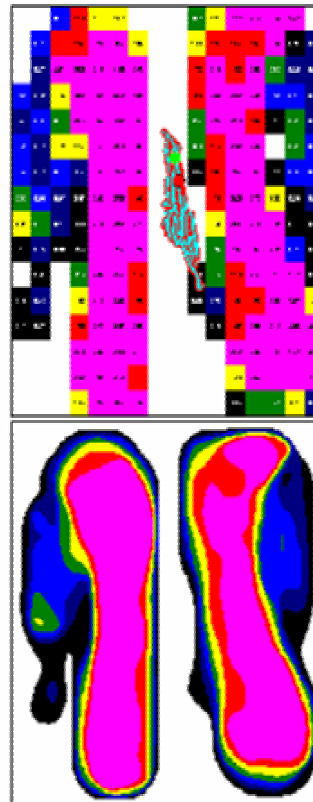


Abb. 5c: Messreihe B

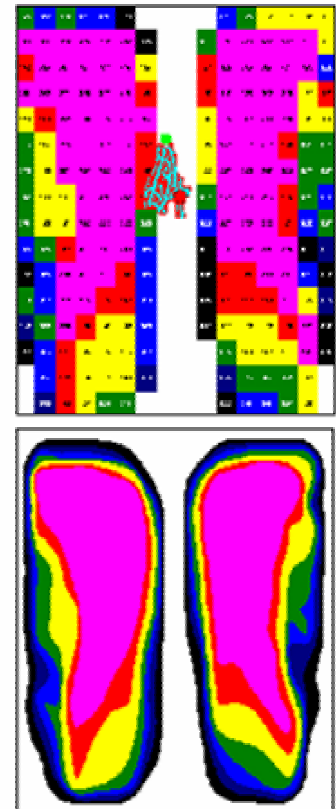
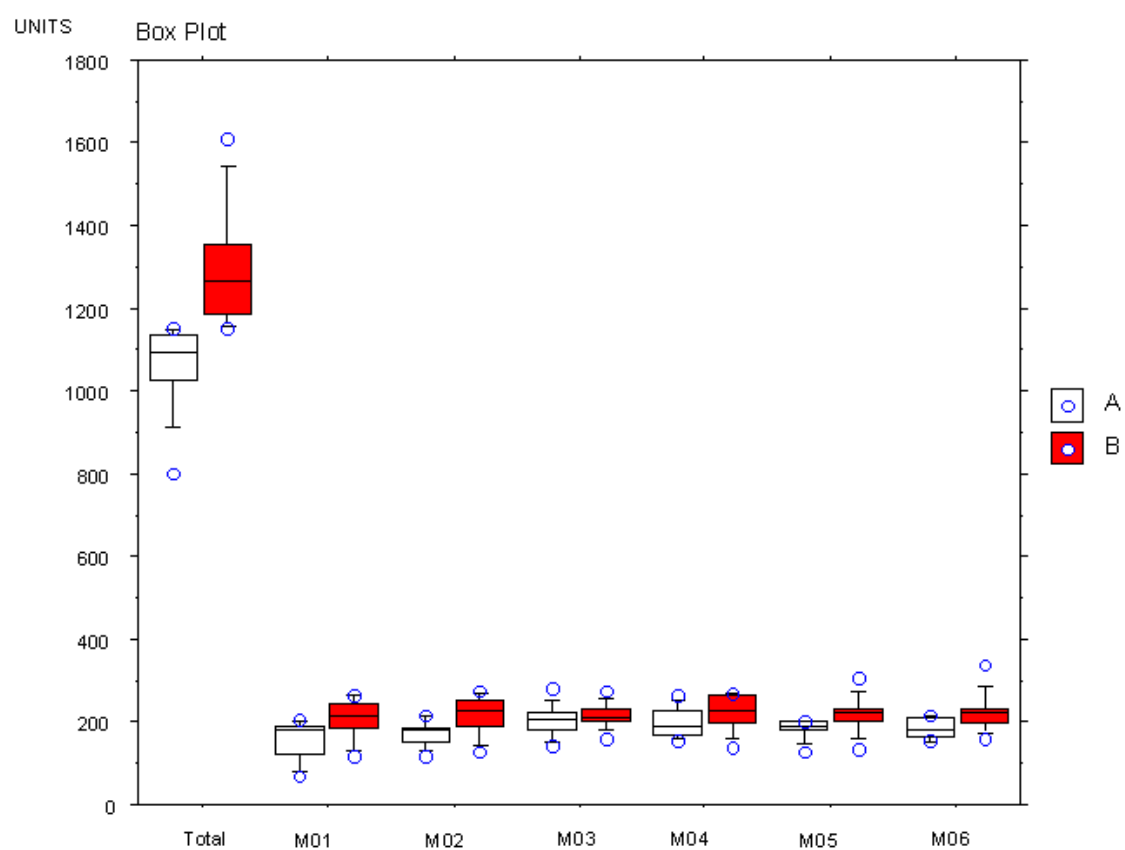


Abb. 6



## LEGENDE

- Abb. 1:
- a) Darstellungsmodus Axis: Für jeden der 244 Sensoren wird der exakte Messwert angezeigt. Daneben wird der reiterliche Schwerpunkt errechnet.
  - b) Modus Isobar: Flächenhafte Darstellung von Bereichen gleicher Druckbelastung.
  - c) Modus Magic Mountain: Dreidimensionale Darstellungsform, in der v.a. lokale Bereiche konzentrierter Druckbelastung deutlich hervorgehoben werden können.
- Abb. 2: Protokoll zur Satteluntersuchung ( Score System)
- Abb. 3: Protokoll zur Rückenuntersuchung (Score System)
- Abb. 4: Einteilung der Messmatte in sechs Areale = Masken
- Abb. 5:
- a) Verteilung der durchschnittlichen Druckwerte (MVP) auf die sechs Masken für die Gruppe K im Linksgalopp. Zu beachten ist hier die geringfügige Mehrbelastung der Widerristregion zugunsten einer Entlastung des auf Druck besonders sensibel reagierenden Bereiches der hinteren Brustwirbelsäule.
  - b) Auflagefläche und Drucksituation eines Sattels aus der Gruppe K in den Modi Axis (Bild oben) und Isobar (Bild unten) zum Zeitpunkt der Erstmessung (Messreihe A).
  - c) Darstellung der Situation nach Abänderung der Sattelsituation zum Zeitpunkt der Wiederholungsmessung (Messreihe B). Beachte die Vergrößerung in der Sattelauflagefläche und die für die Rückengesundheit bedeutsame Entlastung der hinteren Brustwirbelsäulenregion. Beachte weiterhin die Druckreduktion für diejenigen Sensoren, die in unmittelbarer Nähe zur Wirbelsäule lokalisiert sind, und die dadurch gewonnenen Bewegungsfreiheit der Wirbelsäule in diesem Bereich.
- Abb. 6: Gegenüberstellung der Werte für die maximale Sattelauflagefläche aus den Messreihen A und B für die Gruppe N. Die neu angeschafften Sättel zeichnen sich durch eine signifikant vergrößerte maximale Auflagefläche aus (s. dazu auch Tab. 2)

- fig. 1:      a) Mode of representation “axis”: this mode shows the exact measured value for each of the 244 sensors. Additionally the centre of gravity of the rider can be calculated.  
              b) Mode “isobar”: areas of equal pressure distribution are demonstrated.  
              c) Mode “magic mountain”: three dimensional mode, representing local points of concentrated pressure values.
- fig. 2:              Saddle examination sheet (score system)
- fig. 3:              Back examination sheet (score system)
- fig. 4.               Division of the electronic saddle mat in six areas = masks
- fig. 5:      a) Distribution of the mean value pressures (MVP) on the six masks in left hand canter. Note the insignificant increase in pressure put on the withers in favour of the relieve of the sensitive part of the rear thoracic vertebral column.  
              b) Situation of pressure and contact area of one of the saddles belonging to group k in modes “axis” (top) and “isobar” (bottom) when measured for the first time.  
              c) Situation of the adjusted saddle about 12 weeks later. Note the increase of the contact area as well as the relieve of pressure in the region of the rear thracic spine. Likewise pay attention to the decrease of pressure put on the sensors located just next to the spine and the freedom of movement in that area.
- fig. 6:              Comparison of the measured values for the maximal contact area (group N).  
                         Note the significant enlargement of the maximal contact area.

## Literaturverzeichnis

Blümcke; S. (1994): Die elektronische Satteldruckmessung und ihre Anwendung. Buch zum 2. Forum, Edition Schürer, 62–68.

Gundel, M. und U. Schatzmann (1997): Rückenprobleme beim Pferd: 1. Eine Literaturzusammenfassung zur klinischen Untersuchung. Pferdeheilkunde 13(3), 199-204.

Harman; Joyce.C. (1992): Backs, Performance and Acupuncture, in Proceedings. 38<sup>th</sup> Annual Convention of the American Association of Equine Practitioners, 337-348.

Harman; Joyce.C. (1994): Practical use of a computerized saddle pressure measuring device to determine the effects of saddle pads on the horse's back. Journal of Equine Veterinary Science 14(11), 606-611

Harman; Joyce.C. (1995); Practical Saddle Fitting, Part 1-3. The Equine Athlete 8 (2-4), 6-13, 14-18, 17-19.

Jeffcott; L.B. (1979); Back problems in the horse-a look at past, present and future progress. Equine Veterinary Journal, 11(3), 129-136.

Jeffcott; L.B. (1980): Guidelines for the diagnosis and treatment of back problems in horses. Proc of 26<sup>th</sup> Ann Conv AAEP, 381-387.

Jeffcott; L.B. (1985): The examination of a horse with a potential back problem. Proc of 31<sup>st</sup> Ann Conv AAEP, 271-284.

Jeffcott; L.B. (1985): Conditions causing thoracolumbar pain and dysfunction in the horse. Proc of 31<sup>st</sup> Ann Conv AAEP, 285-296.

Jeffcott; L.B. (1993); Rückenprobleme des Athleten „Pferd“: 1. Ein Bericht über das Erkennen und die Möglichkeiten der Diagnose. Pferdeheilkunde 9(3), 143-150.

Jeffcott; L.B. (1993): Rückenprobleme des Athleten „Pferd“: 2. Mögliche Differentialdiagnosen und Therapiemethoden. Pferdeheilkunde 9(4), 223-236.

Jeffcott; L.B. (1995): The approach to the back of the horse. Knezevic, P.F.: Orthopädie bei Huf- und Klauentieren, F K Schattauer Verlagsgesellschaft GmbH, Stuttgart, 316-326.

Jeffcott; L.B. et al. (1999): Validity of saddle pressure measurements using force-sensing technology – preliminary studies. The Veterinary Journal 158, 113-119.

Le, K.M. et al. (1984): An in-depth look at pressure sores using monolithic silicon pressure sensors. Plast Reconstr Surg 74, 745-754

Pullin, J.G. et al. (1996): Use of force sensing array technology in the development of a new equine saddle pad: static and dynamic evaluations and technical considerations, Journal of Equine Veterinary Science 16, 207-216.

Werner, D. et al. (2002) : Druckmessungen unter dem Sattel : Eine Studie mit einem elektronischen Sattel – Messsystem (Novel GmbH), Pferdeheilkunde 18, 125-140

## **Autoren**

Sylvia Mönkemöller<sup>1</sup>

Regula Keel<sup>2</sup>

Dorina Hambsch<sup>2</sup>

Jessika Müller<sup>2</sup>

Axel Kalpen<sup>3</sup>

Manfred Geuder<sup>3</sup>

Jörg A. Auer<sup>2</sup>

Brigitte von Rechenberg<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Haidhauser Str. 4, D – 81675 München

<sup>2</sup> Musculoskeletal Research Unit, Pferdekl. klin. Veterinärmedizinische Fakultät ZH,  
Winterthurerstr. 260, CH – 8057 Zürich

<sup>3</sup> Novel GmbH, Ismaninger Str. 51, D – 81675 München

## **Danksagung**

Die Autoren danken Herrn Dr. iur. D.-H. Vontobel, Stiftung Forschung für das Pferd, für die finanzielle Unterstützung der Studie, Herrn Christoph Fritsch, Novel GmbH, München, für die Bereitstellung und Entwicklung der Software, Frau Anneliese Zangger, Reitlehrerin, Stürzikon, für die fachliche Hilfe in reiterlichen Fragen, Frau Uschi May, Fachgeschäft für Reitsport, Erlangen, für die fachliche Beratung in Sattelfragen und Herrn Prof. Kuno von Plocki für die Annahme des Korreferates.



## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Sylvia Mönkemöller  
Anschrift: Haidhauser Straße 4  
81675 München  
Tel/Fax 089 45579722  
Mobil 0172 9810031  
Geboren am: 04.10.1975 in Lüdenscheid  
Familienstand: ledig

### Ausbildung

10.02-01.05 Dissertation zum Thema Satteldruckmessungen am Pferd, betreut durch  
Diplomate ECVS Brigitte von Rechenberg, Tierspital Zürich, Schweiz  
09.96-08.02 Studium der Tiermedizin an der Ludwig – Maximilians - Universität München  
Staatsexamen Tiermedizin, LMU München, 2002  
08.92-06.93 USA-Aufenthalt an der Tabor Academy High School, Massachusetts  
08.86-05.95 St.-Anna-Gymnasium, Wuppertal  
Allgemeine Hochschulreife 2,2

### Praktische Erfahrungen

seit 06.03 Assistentenstelle in der Pferdekl. Dr. Lutz/Dr. Heidbrink, Aschheim  
09.01 Praktikum in der Pferdekl. Dr. Zeitelhack/Dr. Donandt, München-Riem  
06.-07.01 Großes Praktikum in einer Pferdepraxis in den USA, Oklahoma  
Schwerpunkt Gynäkologie und Geburtshilfe am Pferd  
04.-05.01 Großes Praktikum an der Pferdekl. der FU Berlin  
02.-03.01 Praktikum am EU-Schlachthof Gelsenkirchen  
03.-04.01 Kleines Praktikum in einer Pferdepraxis in den USA, Oklahoma  
Schwerpunkt Gestütsbetreuung  
05.-11.99 Famulatur in der Chirurgischen Kleintierklinik der LMU München

### Fortbildung

seit 10.02 Pferdeheilkunde Curriculum Orthopädie I  
Pferdeheilkunde Curriculum Herz- und Gefäßerkrankungen  
Grundkurse Akupunktur I-III, Veterinärakupunktur I+II  
Seminar Turnierbetreuung  
Pferdeheilkunde Curriculum Anästhesie beim Pferd  
seit 03.04 Fernstudium „Betriebswirtschaftslehre für Nichtkaufleute“

### Kenntnisse und Interessen

Sprachen: Englisch fließend, Spanisch und Französisch Grundkenntnisse  
EDV: Microsoft Office (Word, Excel, Power Point)  
Sport: Reiten (Freizeit und Dressur), Tennis, Squash, Alpinski  
Soziales:  
01.-05.96 Soziale Tätigkeit im Kibbutz Hazorea, Israel  
07.-08.96 Pilgerwanderung nach Santiago de Compostela, Spanien